

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektrotechniky – 420

**Projektování silnoprůdých rozvodů a systémů
řízení automatické tlakové stanice**

Designing electrical power distribution and
management system of automatic pressure station

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Mayer

Studijní program:

B2648 Projektování elektrických zařízení

Téma:

Projektování silnoproudých rozvodů a systému řízení automatické tlakové stanice

Designing electrical power distribution and management system of automatic pressure station

Zásady pro vypracování:

Cíl: Získat přehled o problematice projektování elektrických zařízení, orientaci v základních normách a používaných standardech. Provést návrh elektrického pohonu s měničem kmitočtu a samostatně zpracovat projektovou dokumentaci v prostředí ePLAN P8.

Náplň bakalářské práce

- a) seznámení se s účelem, rozsahem a náležitostmi projektové dokumentace v jednotlivých stupních
- b) návrh regulace čerpadel na konstantní tlak na výtlačku tlakové stanice pomocí měniče kmitočtu,
- c) vytvoření technického návrhu rozvaděče a systému řízení automatické tlakové stanice vč. dimenzování silových obvodů
- d) zpracování realizační projektové dokumentace v rozsahu:
 - technická zpráva
 - seznam strojů a zařízení
 - specifikace dodávek a prací
 - výkresová dokumentace rozvaděče
- e) zhodnocení přínosu ve firmě získaných odborných a praktických dovedností pro další odbornou kariéru studenta.

Seznam doporučené odborné literatury:

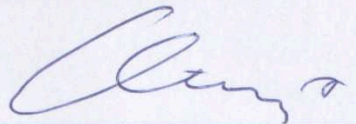
1. Heřman, J., Trinkewitz, Z. a kol.: *Elektrotechnické a telekomunikační instalace*
2. Dvořáček, K., Csirik, V.: *Projektování elektrických zařízení*
3. Vrána, V., Neborák, I.: *Elektrické pohony - Sbíрка řešených příkladů*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava
4. Čermák, T.: *Elektrické pohony*. 2. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

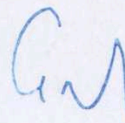
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 4.5.2012



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

PROHLÁŠENÍ

PROSPECT spol. s r.o. prohlašuje, že souhlasí, aby student Vysoké školy báňské – technické univerzity Ostrava, Fakulty elektrotechniky a informatiky, oboru Projektování elektrických zařízení

Mayer Martin

vykonával v naší firmě Závěrečnou bakalářskou práci v akademickém roce 2011/2012.

Projektování silnoproudých rozvodů a systému řízení automatické tlakové stanice

Designing electrical power distribution and management system of automatic pressure station

Firma souhlasí s tématem Závěrečné bakalářské práce, poskytne potřebné podklady, odbornou pomoc a zařízení k jejímu naplnění.



PROSPECT
spol. s r.o. 4
Výstavní 2224/8
709 00 Ostrava - Mar. Hory
IČO: 14616688, DIČ: CZ14616688

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě, dne 3. května 2012

Martin Mayer



Poděkování

Děkuji panu Ing. Petru Sajovi z firmy PROSPECT spol. s r.o. za odborné konzultace a pomoc při vypracovávání odborné části mé bakalářské práce. Děkuji také vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Vítězslavu Stýskalovi, Ph. D. za vedení a za pomoc při tvorbě teoretické části.

Dále bych rád poděkoval řediteli a jednateři společnosti PROSPECT spol. s r.o. panu Ing. Janu Vilímovi a současně i technickému řediteli panu Ing. Jiřímu Stachovi za umožnění vypracování bakalářské práce v této firmě.

Abstrakt

Úkolem této bakalářské práce je projektování silnoproudých rozvodů, řízení automatické tlakové stanice a seznámení se s účelem a rozsahem projektové dokumentace v jednotlivých stupních. Silnoproudé rozvody zahrnují dimenzování kabelů k připojení rozváděče, napájení třífázových pohonů čerpadel a elektroinstalaci místnosti. Řešení řízení pomocí programovatelného logického automatu a přenosu dat na dispečink. Práce obsahuje výpočty parametrů podle, kterých jsem volil komponenty. Obsahem dokumentace jsou výkresy ze software ePlan P8. Tato práce mi byla zadána firmou PROSPECT spol. s r.o., tato mi poskytla všechny nezbytné podklady pro kompletní návrh ATS. V rámci dlouhodobé stáže jsem tuto bakalářskou práci zpracovával ve firmě PROSPECT spol. s r.o., Výstavní 2224/8, Ostrava - Mariánské Hory.

Klíčová slova

Projektování; silnoproudé rozvody; systémy řízení; tlaková stanice; projektová dokumentace; AutoCAD; ePlan P8

Abstrakt

The goal of this thesis is to design power distribution systems, steering pressure and familiarization with the purpose and scope of project documentation at each stage. Power systems include the sizing of cables to connect the enclosure, power drives three-phase pumps and electrical room. Management solution with a programmable logic controller and data transfer to the control center. The work includes calculations of the parameters under which components I chose. The content of the documentation are drawing software ePlan P8. This job was posted by me PROSPECT al. Ltd., this gave me all the necessary elements for a complete design of ATS. A long-term internship, I processed this bachelor work in the company PROSPECT Ltd., Výstavní 2224/8, Ostrava - Mariánské Hory.

Keywords

Design; power systems; control systems; pressure station; project documentation; AutoCAD; ePlan P8

Seznam použitých symbolů a zkratek

ATS	automatická tlaková stanice
$\cos\varphi$	účinník
MK	měníč kmitočtu
I_n	jmenovitý proud
I_m	maximální proud
I_{nk}	dovolený proud v závislosti na uložení
I_p	proud přívodem
k_1	koeficient denního odběru
k_2	koeficient špičkového odběru
k_3	průměrný počet osob v 1 bytě
L_v	délka kabelu
NN	nízké napětí
P	výkon
P_i	celkový instalovaný příkon
PLC	Programmable Logic Controller – programovatelný automat
P_β	celkový soudový příkon
Q	průtok
$Q_{d \max}$	maximální denní průtok
Q_d	denní spotřeba
$Q_{pr. \text{ hod}}$	průměrný hodinový průtok
$Q_{šp. \text{ hod}}$	špičkový hodinový průtok
$Q_{šp. \text{ sec}}$	špičkový hodinový průtok
R1	hlavní rozvaděč
RM1	rozvaděč ATS
S_p	průřez potrubí
U_n	jmenovité napětí
U_s	sdružené napětí
v	rychlost proudění kapaliny
β	koeficient soudobosti
$\Delta u_{[\%]}$	procentní úbytek napětí
ρ_{cu}	Rezistivita mědi

1. ÚVOD	1
2. TEORETICKÝ ROZBOR	2
2.1 Seznámení se s projektovou dokumentací	2
2.1.1 <i>Jednotlivé stupně projektové dokumentace</i>	2
2.1.2 <i>Obsah projektové dokumentace</i>	3
2.2 Srovnání provedení automatické tlakové stanice	4
2.2.1 <i>Klasická ATS (příklad se dvěma čerpadly)</i>	5
2.2.2 <i>ATS řízené PLC s měniči kmitočtu</i>	5
3. VLASTNÍ ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY	6
3.1 Výpočet spotřeby čerpaného média a návrh čerpadel	8
3.2 Volba vhodných čerpadel	9
3.3 Výběr typu čerpadla	10
3.4 Hydraulický rozsah parametrů čerpadla LOWARA SV16 16	10
3.5 Volba měniče kmitočtu	12
3.6 Vytvoření technického návrhu rozvaděče a systému řízení ATS	12
3.6.1 <i>Technický návrh rozvaděče RM1</i>	12
3.6.2 <i>Systém řízení</i>	14
3.7 Elektroinstalace místnosti	14
3.8 Dimenzování silových obvodů	15
3.8.1 <i>Dimenzování a ověření pro přívodní kabel</i>	16
3.8.2 <i>Dimenzování a ověření pro kabely motorů</i>	17
4. REALIZACE	17
4.1 Přívod k rozvaděči RM1	17
4.2 Automatická tlaková stanice	18
4.3 Technické provedení ATS	19
4.4 Rozvaděč RM1	20
4.5 Řídicí systém	21
4.6 Technologická zařízení	22
4.7 Instalace	22
4.8 Požadavky na ostatní profese	24
4.9 Požadavky na přístroje, materiály a provedení montáží	24
5. ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ ZÍSKANÝCH VE FIRMĚ	25
6. ZÁVĚR	25

1. ÚVOD

V každé době lidé potřebovali získávat vodu ať už pitnou nebo užitkovou do svých obydlí, továren nebo zemědělských usedlostí. Měli k tomu různé nástroje od věder až po jednoduché potrubí. Avšak toto řešení bylo velmi namáhavé či nespolehlivé – tehdejší technika jim jiné možnosti nenabízela. S postupem času však přicházeli technologické změny od přečerpávání vody pomocí páry, nafty až po dnešní pohony hnané elektrickou energií. Právě tento pokrok přinesl jednoduchost a také spolehlivost do řešení této problematiky.

Úkolem této bakalářské práce je řešit zásobování vodou automatickými tlakovými stanicemi. Tato bakalářská práce řeší konkrétní problémy z praxe a je výsledkem vykonávání mé stáže ve firmě PROSPECT spol. s r.o.

V první části této práce se budu zabývat projektovou dokumentací a jejím popisem. Poté uvádím popis provedení tlakových stanic jejich výhody a nevýhody.

Domácí a průmyslové automatické tlakové stanice - ATS se využívají k zásobování objektů pitnou nebo užitkovou vodou buď s mechanickými příměsemi nebo bez nich. ATS pracuje plně automaticky.

Ještě před několika léty bylo nejčastějším řešením řízení tlakových stanic pomocí jednoduché kontaktní mechaniky z kontaktních relé s velkou tlakovou nádrží. Toto provedení však nesplňovalo neustále narůstající požadavky na kvalitu, spolehlivost a provozní náklady.

Dalším provedením, kterým se budu ve své práci zabývat, jsou automatické tlakové stanice řízené řídicím systémem a pohony ovládané měniči kmitočtu. Tento typ se začal využívat při snižování pořizovacích nákladů na měniče kmitočtu a mikroprocesorové řízení. Výhoda tohoto provedení spočívá v plynulé regulaci na konstantní tlak v potrubním systému. Optimalizací řízení se dosahuje i značných energetických úspor. Spolehlivost tohoto řešení je vysoká a náklady na údržbu jsou minimální.

Cílem této bakalářské práce je návrh strojní a elektro částí ATS. Strojní část zahrnuje návrh čerpadel s ohledem na ztráty v potrubním systému. Část elektro řeší návrh motorů k čerpadlům řízenými měniči kmitočtu, dimenzování silnoproudých napájecích kabelových vedení k motorům a přívodního kabelu k rozvaděči ATS, systém řízení ATS a návrh řídicího systému s propojením na ovládací panel ve dveřích rozvaděče ATS a s propojením na vzdálený dispečink vodárenské společnosti pomocí GPRS modemu umístěného v rozvaděči ATS. Součástí části elektro je také návrh oceloplechového rozvaděče ATS s nuceným větráním. K části elektro je vypracována projektová dokumentace. Závěr obsahuje zhodnocení zkušeností získaných na mé stáži ve firmě.

Obsahem bakalářské práce není návrh softwaru pro řízení tlakové stanice. Bakalářská práce tak zahrnuje řešení, projektovou dokumentaci a zhodnocení přínosů ve firmě.

2. TEORETICKÝ ROZBOR

2.1 Seznámení se s účelem, rozsahem a náležitostmi projektové dokumentace v jednotlivých stupních

Účelem projektové dokumentace je přesné a jednoznačné zaznamenání všech geometrických charakteristik a údajů staveniště, strojů, budov, produktů či komponent. Výkresy mohou mít také účel prezentační nebo orientační, stejně tak mohou zaznamenávat předešlé (původní) stavy objektu. Hlavním smyslem dokumentace je zobrazení skutečného stavu místa či objektu, nebo poskytnout dostatek informací staviteli případně výrobcí pro realizaci záměru výstavby či výroby. Obsah projektové dokumentace se řídí platnou legislativou a požadavky investora.

Projektová dokumentace musí splňovat formální náležitosti.

Rozsah a obsah jednotlivých stupňů projektové dokumentace je v současné době upraven ve vyhlášce č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. Zde je stanoven závazný rozsah a obsah téměř všech v úvahu přicházejících stupňů projektové dokumentace, mimo dokumentaci, která slouží pro předprojektovou přípravu, kam spadá např. studie stavby, nebo dokumentace k územnímu řízení. Potřebný typ projektové dokumentace pro jednotlivé stavby řeší především vyhláška č. 183/2006 o územním plánování a stavebním řádu, tedy stavební zákon.

2.1.1 Jednotlivé stupně projektové dokumentace a jejich rozsah[1]:

Studie – je předprojektová přípravná část dokumentace při plánování stavebního záměru a zahrnuje i určitou formu prezentace projektu. Má za úkol navrhnout možná technická řešení a jejich finanční nákladnost. Obsahuje základní technické údaje jako např. místo napojení, příkon a rizika.

Dokumentace pro územní řízení – na základě této dokumentace vydá příslušný stavební úřad povolení k umístění stavby. Tato dokumentace se na základě rozhodnutí příslušného stavebního úřadu může sloučit s dokumentací pro stavební povolení a pak již tato dokumentace není potřeba. Člení se na úvodní údaje, průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, výkresovou dokumentaci a dokladovou část.

Dokumentace pro stavební povolení, pro ohlášení stavby – obsahuje přesnější formu řešení předešlého stupně tak, aby mohla být dána žádost na stavební úřad. Rozsah dokumentace je následující: průvodní zpráva, souhrnná technická zpráva, situace stavby, dokladová část, zásady organizace výstavby, dokumentace objektů.

Dokumentace pro provedení stavby – jednoznačné určení všech důležitých charakteristik, jedná se o nejpracovnější stupeň projektu v průběhu přípravy stavby. Zpracovává se pro jednotlivé objekty a podrobněji řeší projektovou dokumentaci pro stavební povolení. Její členění jsou pozemní stavby, inženýrské stavby a provozní soubory.

Dokumentace skutečného provedení – zakreslení reálného stavu i se změnami, ke kterým došlo v průběhu stavby. Dokumentace usnadňuje revize, opravy v průběhu užívání objektu. Člení se v rozsahu: základní identifikační údaje (o účelu a místu stavby), situační výkres skutečného stavu území minimálně v měřítku katastrální mapy, zakreslením polohy stavby a její vazby na okolí, stavební výkres podle skutečného provedení stavby, technický popis stavby a jejího vybavení.

Dokumentace bouracích prací – zpracovává se pro ohlášení záměru odstranění objektu v případech, které vyžadují stavební povolení. Tuto dokumentaci tvoří: průvodní zpráva, souhrnná technická zpráva, situace stavby, dokladová část, zásady organizace bouracích prací, dokumentace odstraňování staveb.

2.1.2 Obsah projektové dokumentace

Projektová dokumentace je nezbytnou součástí každého projektu. **Dle vyhlášky č. 499/2006 Sb. - Vyhláška o dokumentaci staveb musí obsahovat tyto části[1]:**

A. Průvodní zprávu - ta zahrnuje především základní nutné identifikační údaje. Charakteristiku území a stavby, konkrétně identifikaci stavby, jméno, příjmení a místo trvalého pobytu stavebníka. Dále pak obchodní firmu, IČ, sídlo stavebníka, jméno a příjmení projektanta, jeho kontaktní adresu, popis a účel stavby.

B. Souhrnnou technickou zprávu - je to kompletní popis řešené problematiky. Zahrnuje urbanistické, architektonické a stavebně technické řešení. Dále pak mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí. Zahrnuje bezpečnost při užívání, ochranu proti hluku, úsporu energie a ochranu tepla. Řeší přístup a užívání stavby osobami s omezenou schopností pohybu a orientace. Popisuje ochranu stavby před škodlivými vlivy vnějšího prostředí, ochranu obyvatelstva, inženýrské stavby a pokud se ve stavbě vyskytují tak i výrobní a nevýrobní technologická zařízení.

C. Situaci stavby - popisuje situaci širších vztahů stavby a jeho okolí, zakreslenou do mapového podkladu, dále vypovídá o koordinační situaci stavby, kde se vyznačují hranice pozemků, jejich parcelní čísla a napojení na dopravní a technickou infrastrukturu. U výrobních staveb se dokládá souhrnné technologické schéma. Obsahem je také návrh vytyčovací sítě stavby.

D. Dokladovou část - zahrnuje posudky, stanoviska a výsledky jednání vedených v průběhu zpracování projektové dokumentace a obsahuje také průkaz energetické náročnosti budovy což je hodnocení budovy z hlediska všech energií, které do budovy vstupují.

E. Zásady organizace výstavby - zahrnuje technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v potřebném rozsahu. Popisuje řešení a rozsah zařízení staveniště (oplocení, příjezd a přístup na staveniště, přívody energií, napojení na kanalizaci, informace o bezpečnostních opatřeních a ochrany zdraví, popis péče o životní prostředí). Přehled lhůt a důležitých termínů výstavby.

F. Dokumentaci objektů (stavby) - dokumentace objektů a provozních souborů stavby se zpracovává pro jednotlivé objekty nebo provozní soubory samostatně a dále dělí na:

- *Pozemní (stavby) objekty*

Obsahem je **architektonické a stavebně technické řešení** (technickou zpráva, výkresová část), dále pak **stavebně konstrukční část** (technická zpráva, výkresová část a statické posouzení), **požárně bezpečnostní řešení** (technická zpráva, výkresová část), **technické prostředí staveb** (technická zpráva, výkresová část a výpočty) tato část se dokládá samostatně pro jednotlivá zařízení.

- *Inženýrské objekty*

Inženýrskými objekty se rozumí mosty, tunely, podchody, propustky, hydrotechnické a hydroenergetické objekty, komunikace s výjimkou staveb uvedených v §194 písm. c, popřípadě další inženýrské objekty, které jsou řešeny jako samostatná projektová dokumentace. Pokud tyto objekty mají charakter pozemních (stavebních) objektů, zajišťuje se požárně bezpečnostní návrh jako požárně bezpečnostní řešení.

Řešení zahrnuje technickou zprávu, výkresovou část, statické výpočty a výkres, ostatní výpočty.

- *Provozní soubory*

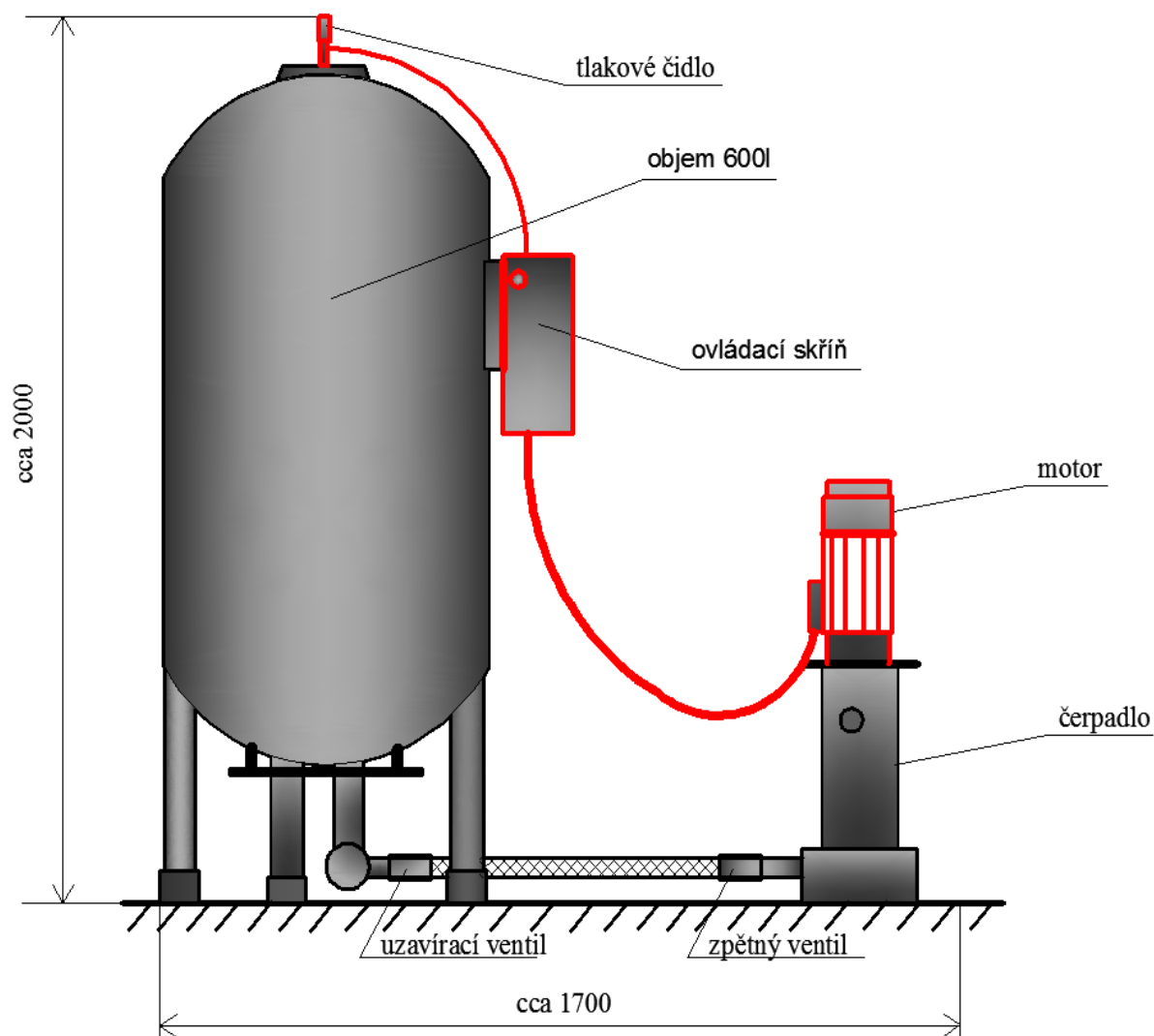
Jsou kompletním popisem výrobního procesu nebo popisu účelu. Zahrnují popis technologie výroby. Obsahují technickou zprávu a výkresovou část.

Některé body však nejsou realizovány z toho důvodu, protože nebyly obsahem a cílem mé bakalářské práce.

2.2 Srovnání provedení automatické tlakové stanice

2.2.1 Klasická ATS (příklad se dvěma čerpadly)

Klasická tlaková stanice využívající zásobování vody do nádrže o velkých objemech se dvěma čerpadly. V tomto případě jsou čerpadla vertikální, odstředivé článkové chráněné elektronickým snímačem proti chodu na sucho. Čerpadla jsou zapojena tak, že některé jsou užity jako základní a zbytek jako tzv. špičkové. U špičkových je zapínací tlak nastaven na nižší hodnotu než u základního čerpadla. Tím je zaručeno, že se špičková čerpadla zapínají pouze při poklesu provozního tlaku základního čerpadla což znamená, že došlo ke zvýšenému odběru vody nebo došlo k poruše základního čerpadla. Každé z čerpadel je ovládané samostatným tlakovým spínačem. Čerpadla jsou umístěna na společném základovém rámu s tlakovou nádobou. Určení velikosti nádoby závisí na velikosti odběru vody v čase, dochází-li k velkým změnám průtoku, musí být nádoba větší než v případě málo kolísajícího odběru. Objem tlakové nádoby musí být také tím větší, čím užší je pracovní tlakové pásmo. Je-li toto pracovní pásmo příliš úzké, může být překročen počet povolených sepnutí a hrozí poškození motorů čerpadel. Tlaková nádoba je uvnitř osazena potravinářským pryžovým vakem. V prostoru mezi stěnou nádoby a pryžovým vakem je natlakovaný interní plyn – dusík. Při chodu čerpadla je dovnitř vaku vháněna voda a ta rozpíná vak. Po vypnutí čerpadla se vak smršťuje a vytlačuje vodu do potrubního systému. S tlakovou nádobou jsou čerpadla propojena pomocí pancéřových hadicí přes zpětný ventil. Aby bylo možno čerpadla odpojit za provozu a provést, např. údržbu jsou mezi tvarovku a pancéřovou hadicí vloženy uzavírací ventily. Pro měření tlaku slouží manometr umístěný na horním vývodu tlakové nádoby. Rovnoměrné opotřebení čerpadel je zajištěno elektrickým střídáním čerpadel v průběhu jejich životnosti.

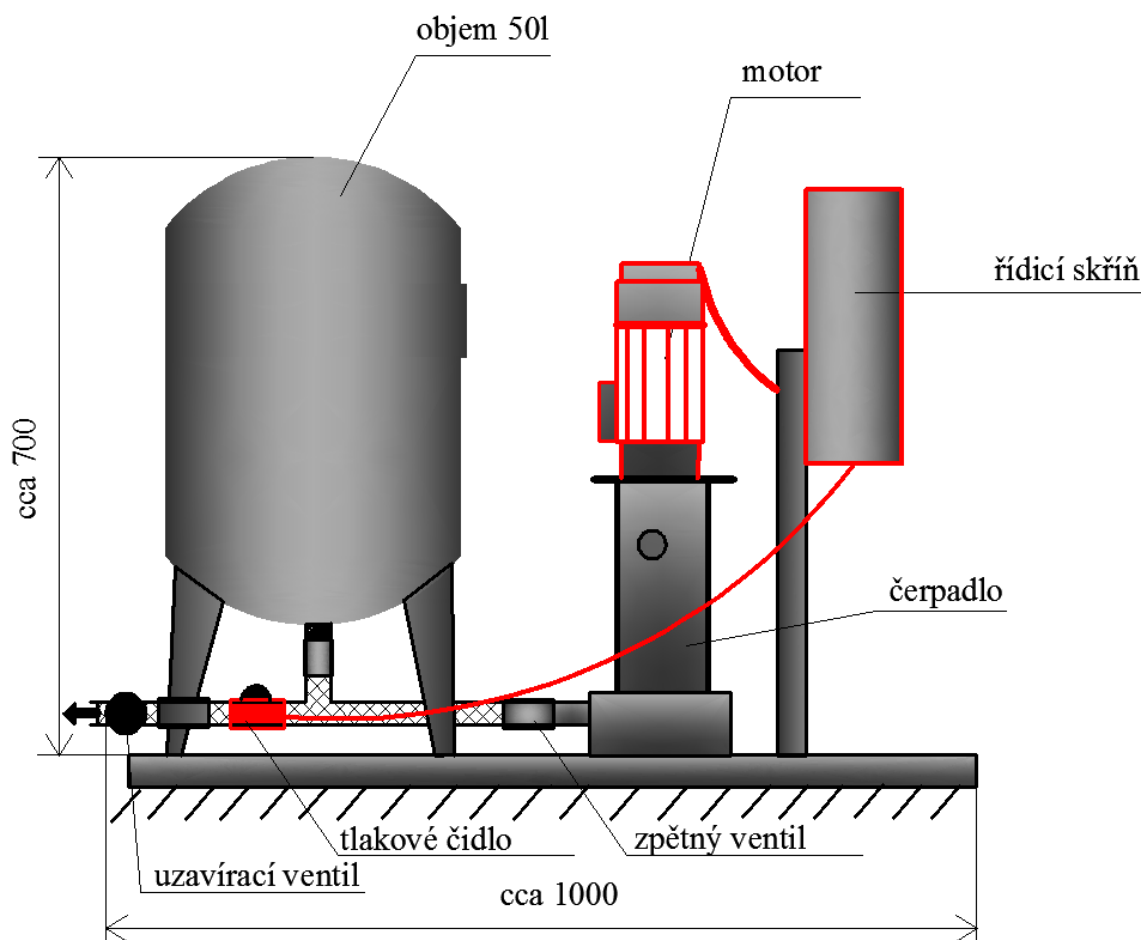


Obr. č. 2 - Provedení ATS řízené kontaktně - klasické provedení

2.2.2 ATS řízené PLC s měniči kmitočtu

Už při prvním vizuálním porovnání je patrné, že ATS s měniči kmitočtu kladou mnohem menší požadavek na prostor. Místo tlakové nádoby je použita pouze vyrovnávací nádrž. V tomto případě je jedno z čerpadel využito jako základní a druhé jako záložní při poruše nebo špičkovém odběru. Čerpadla s MK jsou řízena pomocí PLC na základě výstupního tlaku regulované veličiny - pitné vody. Ten je měřen tlakovým čidlem na výstupu za vyrovnávací nádobou viz obr. č. 3. Toto provedení zaručuje vyšší spolehlivost a menší provozní náklady než u výše uvedené stanice na obr. č. 2.

Dále se ve svém návrhu zabývám tímto typem stanice, neboť zajišťuje jednodušší údržbu, dobrou informovanost o provozních stavech i stavech poruchových. Vzhledem k menším provozním nákladům je zde oprávněný předpoklad dřívější finanční návratnosti investičních prostředků.

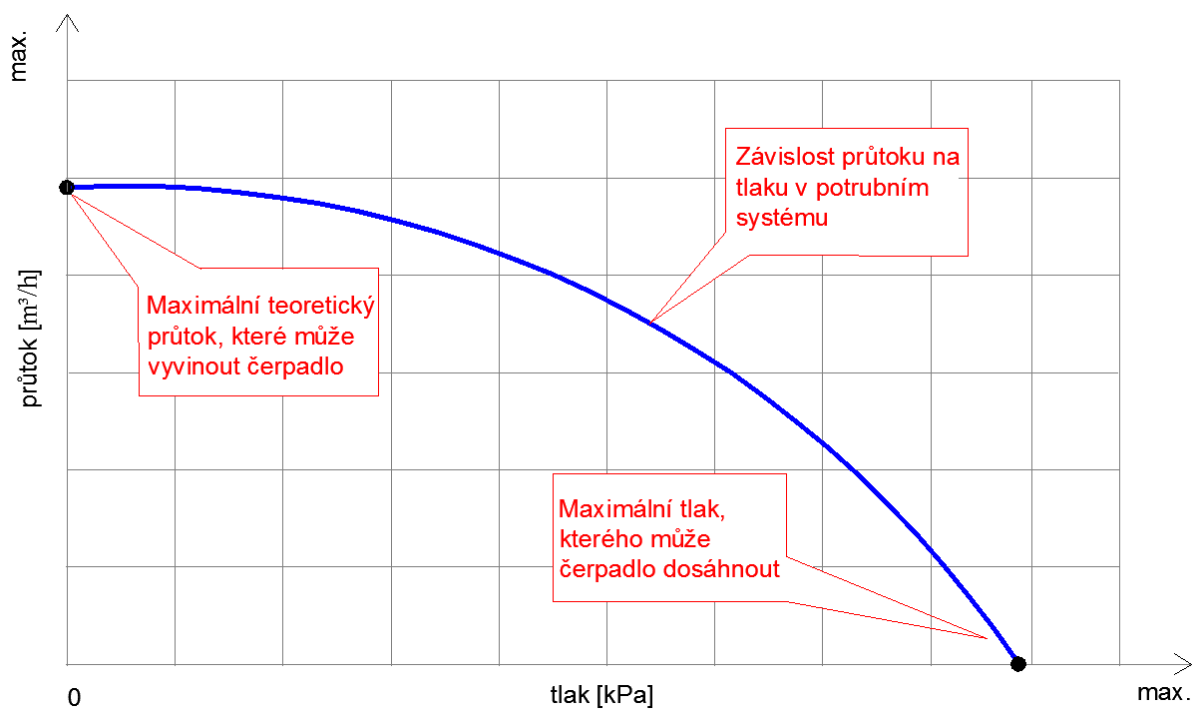


Obr. č. 3 - Provedení čerpací stanice s MK řízené PLC - aktuální stav

3. VLASTNÍ ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY

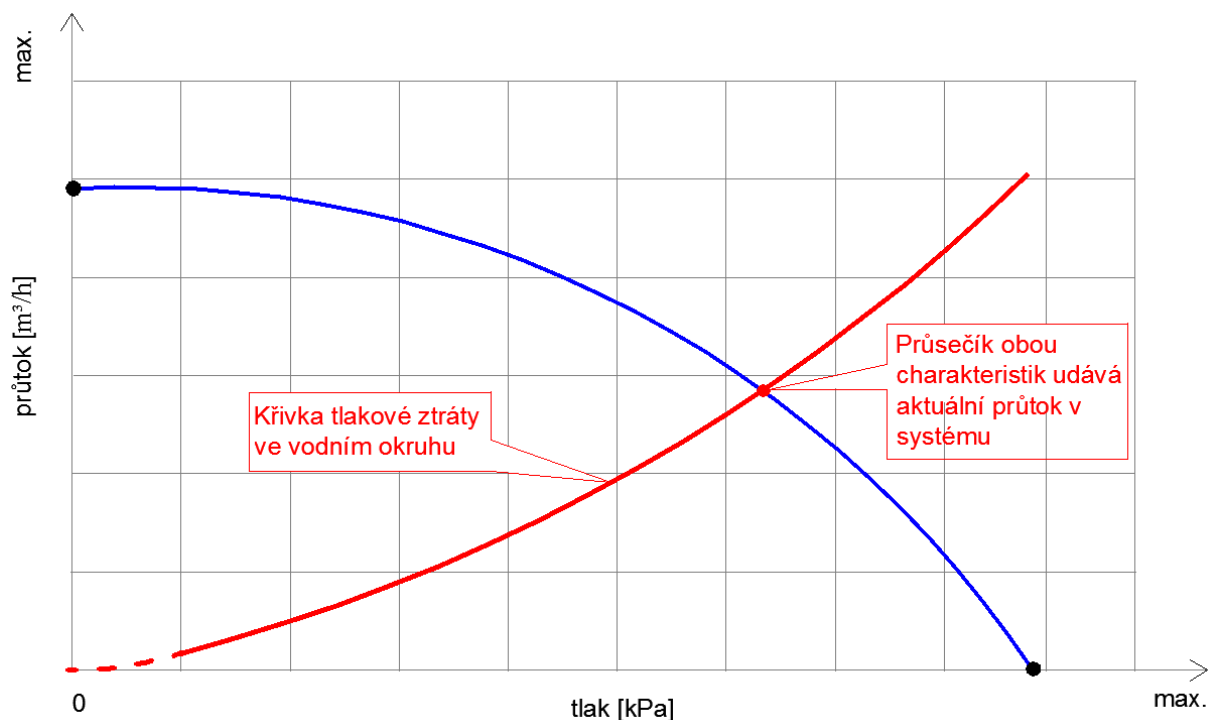
Projektovaná ATS bude dle požadavku zadání dodávat konstantní množství vody pomocí tří čerpadel řízených měniči kmitočtu. Provoz čerpadel jsem navrhl tak, aby byl zaručen 100% záskok běžné spotřeby i v případě výpadku jednoho z čerpadel. Dvě čerpadla v kaskádním provozu budou zajišťovat běžný i špičkový odběr, třetí čerpadlo slouží jako záložní v případě poruchy. Třetí čerpadlo lze připojit kaskádně s prvními dvěma čerpadly, ale kaskádní provoz tří čerpadel by neměl mimo mimořádné situace nikdy nastat. Toto zajišťuje maximální špičkový odběr řádného provozu ATS, kdy není potřeba dodávky většího než žádaného množství vody. Výkon a počet čerpadel jsem navrhl v závislosti na informacích výrobce a požadavcích zadaných stavebníkem. Pro určení výkonu je směrodatná celková spotřeba vody, maximální denní odběr, špičkový hodinový odběr a průměrný hodinový odběr. Čerpadla je nutno dimenzovat s ohledem na nutnou statickou výšku, kterou budou muset čerpané medium překonat.

Tzv. „tvrdost“ čerpadla nám určuje jeho Q/P charakteristika, kde Q označuje průtok a P tlak. Charakteristika je daná také konstrukcí čerpadla, lze z ní vyčíst podmínky průtoku kapaliny.



Obr. č. 4 - Závislost průtoku na tlaku, tzv. Q/P charakteristika čerpadla

Ve vodním okruhu vznikají ztráty způsobené statickým úbytkem tlaku a místními tlakovými ztrátami v potrubí. Například při průtoku kapaliny spojkami, ventily, kolen, apod. To působí jako odpor kladený protékající kapalině a vzniká tak úbytek dopravní výšky. Tato ztráta není lineárně závislá a je červeně zobrazena na obr. č. 5.



Obr. č. 5 - Závislost tlakové ztráty na odporu vodního okruhu, určení pracovního bodu

Charakteristiky jsou zpravidla uváděny výrobcem v průvodní dokumentaci čerpadel. Zjišťují se měření, k měření se využívají měřicí přístroje průtokoměr a tlakoměr.

3.1 Výpočet spotřeby čerpaného média a návrh čerpadel s využitím poznatků a zkušeností projektové kanceláře PROSPECT spol. s r.o.

Ke správnému technickému určení parametrů ATS je potřeba znát spotřebu vody. K tomu slouží následující výpočet.

Dle údajů Ostravských vodáren a kanalizací má spotřeba vody tendenci trvalého poklesu v loňském roce to bylo 92l na osobu. Pro výpočet předpokládám, že 1 osoba spotřebuje denně 150l vody, abych zajistil dostatečnou rezervu. Spotřeba vody je také dána odběrateli což může znamenat značnou odchylku od průměrné spotřeby. Koeficient denního odběru k_1 jsem volil z rozsahu 1,25 - 2,5 dle zvyklostí jsem zvolil $k_1 = 1,5$ a koeficient špičkového odběru k_2 (z rozmezí 2,0 - 4,5) $k_2 = 4$. Tlak na výtláčné straně stanice budu dle projektu regulovat tak, aby umožňoval konstantní dodávku vody do všech pater domu, což znamená hodnotu tlaku 5kPa.

Podklady pro výpočet dané situací:

1. Počet výškových domů napájených z ATS
2. Počet podlaží
3. Podlaží v domech, od kterých je proveden rozvod ATS

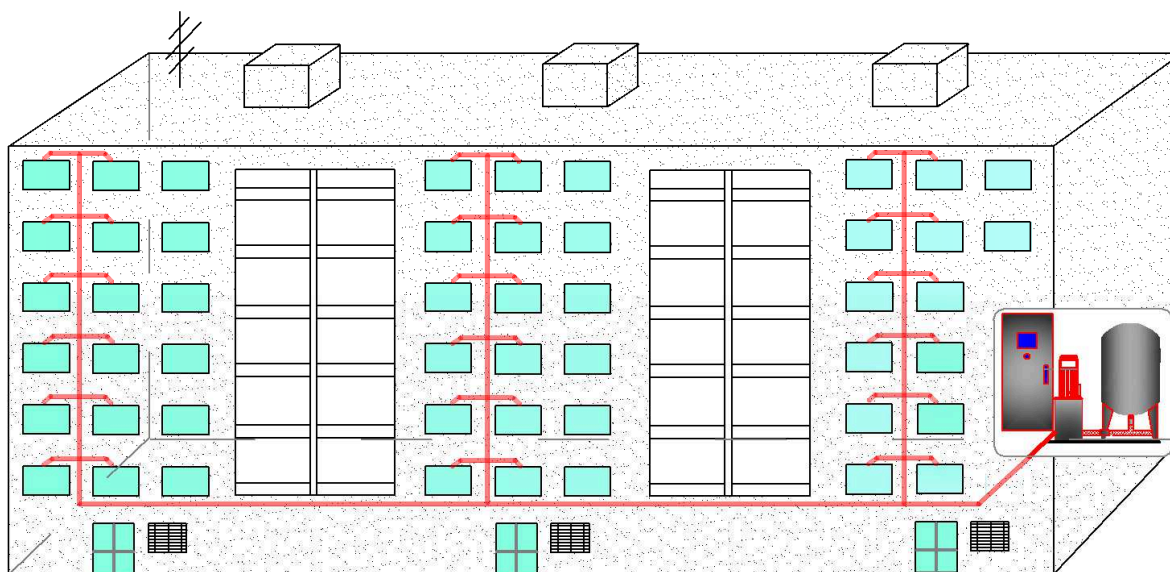
Předpoklady:

- | | |
|---|---------|
| 1. Průměrný počet osob v bytě [k_3]: | 3 osoby |
| 2. Průměrná spotřeba vody na osobu za den [l]: | 150 |
| 3. Koeficient denního odběru [k_1]: | 1,5 (-) |
| 4. Koeficient špičkového hodinového odběru [k_2]: | 4 (-) |

Obecný postup výpočtu:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| ▪ Vypočíst počet osob bydlících v bytech | |
| ▪ Určit celkovou denní spotřebu těchto osob [m^3] | $Q_d = k_3 \cdot 150 \cdot 10^{-3}$ |
| ▪ Určit maximální denní odběr [m^3] | $Q_{d \max} = Q_d \cdot k_1$ |
| ▪ Stanovit průměrný hodinový odběr [m^3] | $Q_{pr. h.} = Q_{d \max} / 24$ |
| ▪ Stanovit špičkový hodinový odběr [m^3] | $Q_{šp. h.} = Q_{pr. h.} \cdot k_2$ |

Návrh pro 4 panelové domy se 6 – ti podlažími, kdy na jedno podlaží připadají 3 byty, dům má 3 vchody a stejný počet etáží. Celkem je požadavek na ATS zásobování vodou 216 bytů, průměrně obsazených třemi osobami.



Obr. č. 6 - Situační schéma jednoho ze čtyř bytových domů - umístění společné ATS

Postup výpočtu pro 4 panelové domy

$$Q_d = 648 \cdot 150 = 97200 \text{ l} = 97,2 \text{ m}^3$$

denní spotřeba

$$Q_{d \max} = 97200 \cdot 1,5 = 145\,800 \text{ l} = 145,8 \text{ m}^3$$

maximální denní množství

$$Q_{\text{pr. hod}} = 145\,800 / 24 = 6075 \text{ l} = 6,075 \text{ m}^3$$

průměrné hodinové množství

$$Q_{\text{šp. hod}} = 6075 \cdot 4 = 24300 \text{ l} = 24,3 \text{ m}^3$$

špičkové hodinové množství

3.2 Volba vhodných čerpadel

Pro správný návrh elektrické části čerpadla je směrodatný průtok kapaliny za hodinu a výtlačná výška. Výtlačná výška je znázorněna v charakteristice čerpadla na obr. č. 8, viz níže. Ta je však závislá na statickém úbytku tlaku P_{st} a místních tlakových ztrátách P_m . Hodnota těchto úbytků mi byla poskytnuta zadavatelem a činí 1,4 bar. Znamená to tedy, že je potřeba dimenzovat čerpadlo na výtlač o cca 14 m vyšší než je výška zásobované budovy. Minimální potřebnou dopravní výšku volím na základě výpočtu 32 m.

Také je nutno ověřit zda nebude kapalina proudit příliš vysokou rychlostí a nedošlo tak k poškození potrubí z důvodů erozní koroze a kavitace.

Parametry pro výpočet rychlosti proudění

Špičkový průtok za sekundu:

$$Q_{\text{šp. sec}} = Q_{\text{šp. hod}} / 3600 = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Průměr potrubí (stávající hodnota):

$$D = 80 \text{ mm}$$

Průřez potrubí

V systému je na výtlačné straně použit průměr stávajícího potrubí

$$S_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2. \quad (1)$$

Rychlost proudění kapaliny

Rychlost proudění kapaliny by neměla překročit $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [2]. Aby nedocházelo k příliš vysokému opotřebení potrubí po předpokládanou dlouhou dobu provozu zařízení, doporučuji a volím rychlost proudění $\leq 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$v = \frac{Q_{\text{sp.s}}}{S_p} = \frac{6,75 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 1,35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2)$$

Vypočtená hodnota je vyhovující a má jistou rezervu.

3.3 Výběr typu čerpadla

Volil jsem čerpadlo na základě požadavků, výpočtů, zkušeností a referencí provozovatele tlakových stanic - Ostravské vodárny a kanalizace, a. s. Jedná se o celonerezové vertikální víceetapňové čerpadlo s jednoduchou mechanickou ucpávkou, pevnou spojkou v blokovém provedení s motorem. Největší účinnosti až 67% dosahuje při průtoku kapaliny $8 \text{ m}^3/\text{h}$. Pohon však bude pracovat při průměrné spotřebě s 63% účinností a při špičkovém odběru klesne účinnost na 49%. Čerpadlo bude pracovat v pásmu od 25 Hz do 52 Hz a má provozní rozsah od $4,5 \text{ m}^3$ do 12 m^3 . Do $4,5 \text{ m}^3$ provozované čerpadlo by pracovalo s velmi nízkou účinností a provoz by byl neekonomický, avšak bylo by schopno provozu.

Technické údaje čerpadla:

Typ: LOWARA SV16 16

Čerpané množství: cca. $6,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$

Čerpaná výška: 18 m

Průtok: $4,5 - 12 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Čerpané médium: pitná voda

Teplota média: max. 40° C

Výkon elektromotoru: 2,2 kW

Počet otáček: 1450 min^{-1}

Jmenovitý proud: 5,52 A

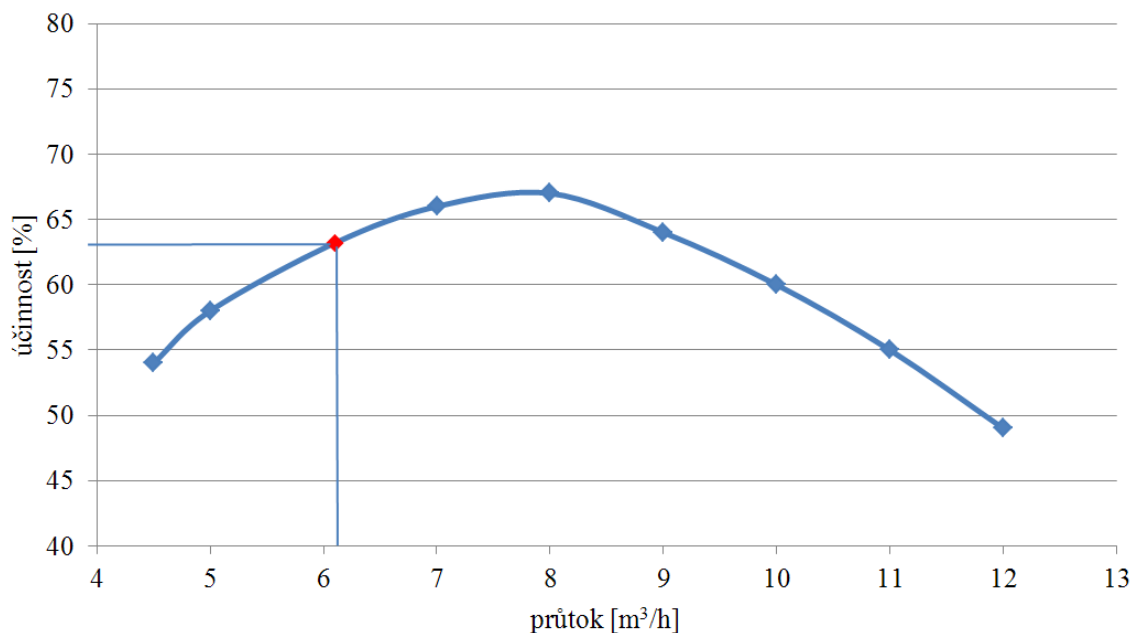
Stupeň krytí: IP55



Obr. č. 7 - komplet čerpadlo + 3f AM značky LOWARA, typ SV16 16

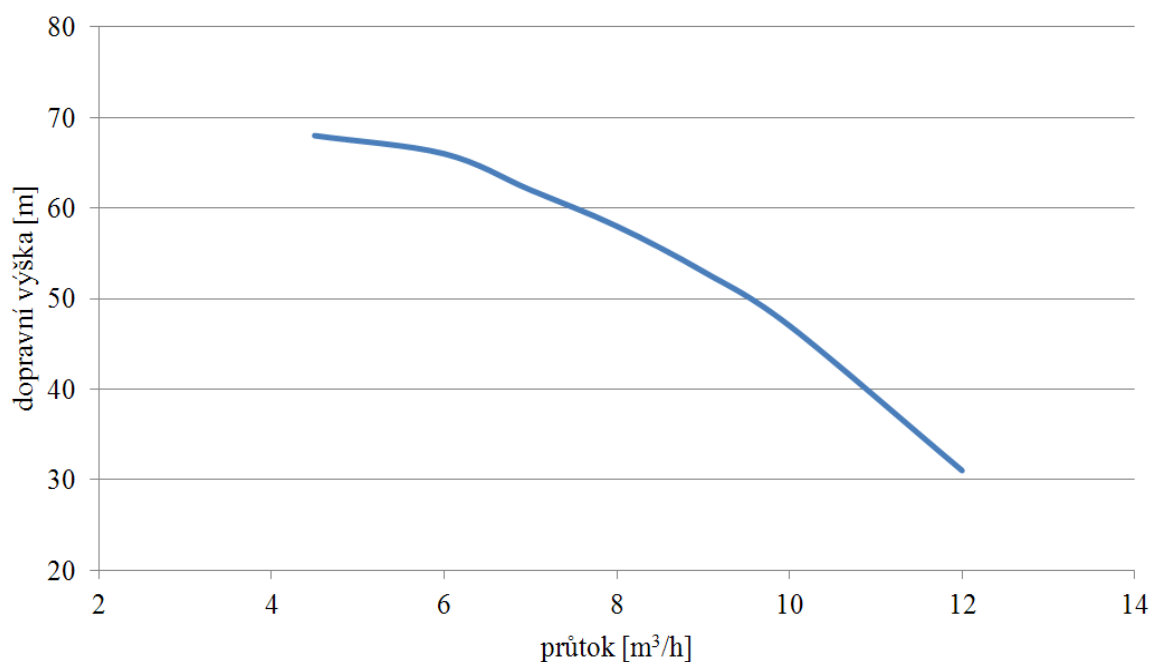
3.4 Hydraulický rozsah parametrů čerpadla LOWARA SV16 16

V následujícím grafu je znázorněna závislost účinnosti na průtoku kapaliny. Maximální průtok je 12 m^3 při účinnosti 49% a při průtoku $4,5\text{ m}^3$ je účinnost 54%. Při průměrném odběru je účinnost čerpadla 63%.



Obr. č. 8 - Závislost účinnosti na průtoku

Charakteristika znázorňuje maximální dopravní výšku v závislosti na průtoku. Největší statické výšky je dosaženo při minimálním průtoku tj. 67m a při maximálním průtoku je to 32m.



Obr. č. 9 - Závislost dopravní výšky na průtoku

3.5 Volba měniče kmitočtu

Měnič kmitočtu proudově řízený umožňuje plynulou regulaci otáček v celém rozsahu. Pro řízení čerpadel čerpací stanice jsem zvolil kaskádní připojování čerpadel, kdy změnu tlaku reguluje poslední připojené čerpadlo. Zbylé čerpadla v provozu pracují na jmenovitých otáčkách. Měnič kmitočtu obsahuje odrušovací filtr a tlumivku k omezení rušení a negativních zpětných vlivů na napájecí distribuční síť. Jmenovitý výstupní proud měniče při jmenovitém trvalém zatížení je 5,6A. Výkonová ztráta při jmenovitém zatížení je 88W, tzn. měnič kmitočtu pracuje s účinností cca 97%. Výstupní napětí dodává v rozsahu 0 – 100% vstupního napětí. Rozběhová a doběhová rampa je nastavitelná 1- 3600s. Rozsah výstupního kmitočtu je 0 - 132Hz, v navrhovaném případě je však maximální požadovaná hodnota pro provoz čerpadla s motorem 52Hz.

Technické údaje měniče kmitočtu:

Typ: VLT AQUA Drive FC 200 P2K2

Výkon: 2,2kW

Účinnost: 97%

Napětí: 380-480V

$\cos \varphi$: 0,98



Obr. č. 9 – Užitý měnič VLT AQUA Drive FC 200 P2K2

3.6 Vytvoření technického návrhu rozvaděče a systému řízení ATS

3.6.1 Technický návrh rozvaděče RM1

Skříňový plechový rozvaděč Schrack RAK – IP55 s krytím IP 55 po otevření IP20, který je umístěn v místnosti s tlakovou stanicí.

Rozměry: výška 2000/100mm, šířka 600mm, hloubka 400 mm

Osazení rozvaděče

Jističe - Plní funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje v případě nadproudu nebo zkratu.

Proudový chránič s nadproudovou ochranou *OEZ OLFI-16B-NI-030A* - Slouží jako ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí, v případě poruchy mezi živou a neživou vodivou částí. Doplnková ochrana při nebezpečném dotyku živých částí a doplnková ochrana v případě selhání ostatních ochranných opatření.



Obr. č. 10 – Rozvaděč Schrack RAK – IP55

Záložní zdroj UPS Schrack GENIO MIDI USND 1000 - Zajišťuje souvislou dodávku elektrické energie pro řídicí systém v případě výpadku napájení. Doba záložního napájení je závislá na odběru a musí být dostačující pro odeslání zprávy o výpadku na dispečink provozovatele.

Napájecí stabilizovaný zdroj SITOP SMART 230VAC/24VDC - slouží k napájení zařízení na 24V.

Zásuvka 1f OEZ DIN ZS216 - soklová zásuvka je v rozvaděči pro připojení servisních přístrojů.

Svodič přepětí B+C - SALTEK FLP GE/3 S (10/350 -) - slouží k ochraně zařízení proti přepětím a proudovým impulsům. Plní funkci omezení přepětí na úroveň přijatelnou pro chráněné zařízení a svádí impulsní proudy. Tento typ je určen ke svedení vysokých energií např. úderu blesku a zaručuje nízkou hodnotu ochranné napěťové úrovně.

Svodič přepětí D SALTEK DA-275 DF16 S (8/20) - chrání citlivá elektrická zařízení před poškozením vyšším přepětím.

Ventilátor Schrack PF11000 - odvádí z rozvaděče přebytečné teplo, zapíná se automaticky při překročení 30°C.

Komunikační modul CGU 04 FM GSM-GPRS - slouží k informování dispečerského pracoviště o stavu automatické tlakové stanice.



Obr. č. 11 - Komunikační modul pro dálkové sledování stavu ATS

Operátorský panel - SIMATIC TP 177B 4 - je umístěn ve dveřích rozvaděče. Zobrazuje žádané informace jako aktuální tlak, otáčky motoru a slouží k místnímu ovládání tlakové stanice.



Obr. č. 12 - Operátorský panel pro ovládání a zobrazování hodnot ATS

Měníč kmitočtu - 3x VLT AQUA Drive FC 200 P2K2 reguluje výkon motorů v závislosti na výstupním tlaku. Také omezuje proudové rázy při spouštění motorů.

Programovatelný automat PLC Simatic CPU 1214C - řídí funkci celé stanice a komunikuje po Ethernetu.

Digitální vstupy (DI): 14

Digitální výstupy (DO): 10

rozšiřující moduly:

SM 1231 AI - 4

Analogové vstupy (AI): 4

SM 1232 AO - 4

Analogové výstupy (AO): 4

Komunikační modul CM1241 s komunikačním rozhraním RS232.

Prvky mimo rozvaděč

Tlakový snímač Danfoss MBS 4010 - snímá tlak na výstupním potrubí za čerpadly do spotřebiště (tlak na výtlaku čerpadel) a hodnotu předává PLC. Snímač má předepsaný atest pro pitnou vodu.



Obr. č. 13 – Tlakové čidlo MBS 4010

3.6.2 Systém řízení

Řízení bude realizováno PLC. Motory čerpadel se budou po 1000 hodinách provozu cyklicky zaměňovat, aby jejich opotřebení bylo rovnoměrné. Tabulka zobrazuje provoz jednotlivých čerpadel.

	1. čerpadlo	2. čerpadlo	3. čerpadlo
Nízký odběr	v chodu	připraveno/vypnuté	připraveno (záložní)
Průměrný odběr [6m ³ /h]	v chodu	připraveno/vypnuté	připraveno (záložní)
Špičkový odběr [24m ³ /h]	v chodu na max.	v chodu na max.	připraveno (záložní)
Neočekávaný intenzivní odběr	v chodu na max.	v chodu na max.	v chodu
Porucha 1. čerpadla	porucha	v chodu	v chodu (záskok)
Porucha 2. čerpadla	v chodu	porucha	v chodu (záskok)
Porucha 2 čerpadel (havarijní stav)	porucha	porucha	v chodu na max. (záskok)

Tabulka č. 1 - Provozní stavy čerpadel v různých režimech odběru vody

3.7 Elektroinstalace místnosti

Elektroinstalace zahrnuje návrh umělého osvětlení místnosti ATS a návrh jednofázového zásuvkového okruhu.

3.8 Dimenzování silových obvodů

Kabely a vodiče

Kabely a jejich průřezy jsou navrhovány s ohledem na jejich délku, oteplení a na výkon daného zařízení. U kabelů je potřeba spočítat úbytek napětí v procentech, aby bylo možno určit zda vyhovují. Při velkém úbytku je provoz takového kabelu neekonomický a zařízení, kterému je k němu připojeno by nemuselo správně fungovat. Také je potřeba zohlednit okolní teplotu a uložení kabelu. U kabelů uvažují teplotu prostředí 30°C a u zařízení 40°C. Maximální teplota při trvalém zatížení je pro kabel CYKY PVC 70°C.

Procentní úbytek napětí kabelu se určí výpočtem dle vztahu

$$\Delta u_{[\%]} = \frac{R_{Cu} \cdot I_n}{U_n} \quad (3)$$

Výpočet celkového proudu

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

Proudové zatížení kabelů je uvedeno v ČSN 33 2000-5-523. Pro tento kabel volím dle normy uložení B2.

Silové kabely

Přívod k hlavnímu rozvaděči je realizován kabelem CYKY-J-4x10mm². Kabel je určen pro rozvod elektrické energie do 750V pro pevné uložení a v tomto případě do plastových kabelových žlabů.

Stíněný kabel do měniče kmitočtu

Vzhledem k EMC použiji k měniči kmitočtu stíněný kabel NYCY 4x2,5mm² s izolací jádra a pláště termoplastickým PVC s plným měděným jádrem.



Obr. č. 14 - Kabel NYCY 4x2,5mm²

Kabel snímače a ovládacích obvodů

Kabel pro napojení čidla tlaku a teplotního čidla ve statorovém vinutí motoru čerpadla je použit typu CMFM-X 2x0,75mm² o jednotlivých délkách 10m. Jsou to stíněné ohebné kabely PVC a slouží k napájení a ovládání přístrojů do max. 500V.



Obr. č. 15 - Kabel CMFM-X 2x0,75mm²

3.8.1 Výpočet pro kabel CYKY-J-4x10mm²

Kabel o délce 20m je veden v kabelovém žlabu KZ 100-5 PVC připevněném na zdi. Okolní teplota vzduchu do 30°C.

parametry	označení	hodnota
průřez vodiče	$S[\text{m}^2]$	$10 \cdot 10^{-6}$
dovolený proud pro uložení B2	$I_{nk}[\text{A}]$	34
rezistivita mědi	$\rho_{Cu}[\Omega \cdot \text{m}]$	$0,0175 \cdot 10^{-6}$
délka kabelu	$l_v [\text{m}]$	20

Tabulka č. 2 – Výchozí parametry pro výpočet proudového zatížení a úbytku napětí

Příkon:

Celkový instalovaný příkon: 11,6kW

Napětí: 400V

Účinník: 0,98

Celkový proud přívodem do rozváděče RM1:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{11,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,98} = 17,1 \text{ A} \quad (5)$$

Výpočet úbytku napětí na kabelu CYKY-J-4x10mm²

Úbytek na kabelu jsem spočítal při zapojení všech zařízení a maximálním odběru proudu, jelikož tento odběr způsobí větší úbytek napětí než při běžném provozu.

$$\Delta u_{[\%]} = \frac{R_{Cu} \cdot I_n}{U_n} = \frac{\rho \cdot l_v \cdot I_{nc}}{U_n \cdot S} \cdot 100 = \frac{0,0175 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 17,1}{400 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} \cdot 100 = 0,14\% \quad (6)$$

Úbytek napětí je nízký a neovlivní chod zařízení.

3.8.2 Výpočet pro kabel NYCY 4x2,5mm²

Stíněný kabel o délce 10m s měděným jádrem je veden v kabelovém žlabu KZ 100-5 PVC připevněném na zdi. Okolní teplota vzduchu do 30°C. Dle údaje výrobce je jmenovitý maximální vstupní proud do měniče kmitočtu $I_n = 5,5\text{A}$.

parametry	označení	hodnota
Průřez vodiče	$S(\text{m}^2)$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Max vstupní proud měniče	$I_m(\text{A})$	5,5
Dovolený proud pro uložení B2	I_{nk}	20
Rezistivita mědi	$\rho_{\text{Cu}}(\Omega \cdot \text{m})$	$0,0175 \cdot 10^{-6}$
Délka kabelu	$l_v(\text{m})$	10

Tabulka č. 3 – Výchozí parametry pro výpočet proudového zatížení a úbytku napětí

Výpočet úbytku napětí na kabelu NYCY 4x2,5mm²

$$\Delta u_{[\%]} = \frac{R_{\text{Cu}} \cdot I_n}{U_n} = \frac{\rho \cdot l_v \cdot I_{nc}}{U_n \cdot S} \cdot 100 = \frac{0,0175 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 5,5}{400 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}} \cdot 100 = 0,1\% \quad (7)$$

Úbytek napětí je zanedbatelný tudíž neovlivní chod zařízení.

4. REALIZACE

4.1 Přívod k rozvaděči RM1

Je proveden z hlavního rozvaděče RA1, který je umístěn ve sklepních prostorách bytového domu do rozvaděče RM1. Napojení je realizováno kabelem CYKY-J-4x10mm² o délce 20m vedeným v kabelovém plastovém žlabu.

Základní technické údaje

Napájecí soustava:	3 PEN, 50Hz, 400V/TN-C
Napětí:	400V
Účinník:	0,95
Soudobost:	$\beta = 0,67$ (dle provozu motorů čerpadel)
Celkový instalovaný příkon:	$P_i = 11,6\text{kW}$
Celkový instalovaný soudobý příkon:	$P_\beta = 11,66 \cdot 0,67 = 7,81\text{kW}$ (dle provozu ATS)

Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Je provedena v souladu s ČSN332000-4-41ed.2, ČSN332000-5-54ed.2 a souvisejícími normami. Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části živých bude provedena izolací a krytím dle Přílohy A ČSN332000-4-41 - ed2. Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části neživých - automatickým odpojením od zdroje dle ČSN33200-4-41ed. 2.

4.2 Automatická tlaková stanice

ATS bude napájena ze samostatného skříňového oceloplechového rozváděče RM1, který je umístěn u zdi.

Způsoby provozování ATS

Ovládacím dotykovým panelem na vnější straně dveří rozváděče je možno v ručním režimu ovládat měniče kmitočtu jednotlivých čerpadel, nastavovat jejich provozní hodnoty, sledovat hodnotu tlaku na výtlaku čerpadel a dobu jejich provozování a poruchové stavy.

V dálkovém automatickém provozu je ATS řízena řídicím systémem přes měniče kmitočtu a přenos signálů o změnách stavu ATS je realizován pomocí modemu GSM na dispečink vodárenské společnosti. Z dispečinku je možno operativně provádět zásahy do provozu ATS (zapnutí, vypnutí čerpadel). Zapínání čerpadel a jejich regulace pomocí měničů kmitočtu je realizován na základě signálu z čidla tlaku umístěného na výtlacném potrubí stanice. Regulace tlakové stanice je tedy regulací na konstantní tlak na výtlacném potrubí.

Základní technické údaje

Napěťové soustavy:

Silová:

3 PEN, 50Hz, 400V/TN-C-S

1 NPE, 50Hz, 230V/TN-S

Ovládací napětí:

2 PE, = 24VDC/TN-S (PELV)

Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Je provedena v souladu s ČSN332000-4-41ed.2, ČSN332000-5-54ed.2 a souvisejícími normami. Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části živých bude provedena izolací a krytím dle Přílohy A ČSN332000-4-41 - ed2. Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím části neživých - automatickým odpojením od zdroje dle ČSN33200-4-41ed. 2. V místnosti s ATS, kde je nutná doplňková ochrana před úrazem elektrickým proudem bude základní ochrana rozšířena dle ČS 332000-4-41- ed.2 o doplňující pospojování a napájení spotřebičů přes proudové chrániče s reziduálním proudem do 30mA.

Stupeň důležitosti dodávky elektrické energie

Je určen podle ČSN 34 1610 ve stupni 3. Jde o třetí stupeň důležitosti, tj. bez zajištění zvláštních opatření pro napájení. Řídicí systém je napojen ze zálohovaného on line zdroje UPS.

Ochrana proti zkratu a přetížení

Je zajištěna jističi, pojistkami a tepelnou ochranou motoru.

Vnější vlivy

Jsou stanoveny samostatným protokolem o určení vnějších vlivů. Protokol je vypracován odbornou komisí na základě podkladů stavební a strojní části dokumentace. Protokol je součástí přílohy.

Elektromagnetická kompatibilita

Veškerá použitá zařízení musí splňovat požadavky dané ČSN EN a nařízení vlády z hlediska elektromagnetické kompatibility. Rovněž provedení montáží musí splňovat požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (řádné uzemňování, použití stíněných kabelů, odrušovacích filtrů atd.

4.3 Technické provedení ATS

Automatická tlakovou stanici jsem navrhnul se třemi čerpadly umístěnými na společném rámu. Čerpadla jsou připojena k měničům kmitočtu, umožňujících jejich plynulé spouštění a provozování s plynulou regulací otáček i záskoky v případě poruchy. Při použití rozběhu přes měniče kmitočtu je přitom zajištěno omezení proudových rázů v napájecí síti, které běžně vznikají při rozběhu strojů přímým připojením k síti. Rozvaděč RM1 je napojen na 3 - fázový přívod elektrické energie o napětí 400V/50Hz. Rozvaděč RM1 obsahuje hlavní vypínač, přepětíové ochrany, zdroj UPS, ovládací panel, jistící prvky, motorové vývody pro čerpadla, řídicí systém a modem GPRS pro dálkový přenos informací o provozních nebo poruchových stavech ATS. V běžném provozu je v chodu jedno nebo dvě čerpadla a třetí záložní čerpadlo se automaticky spustí při poruše čerpadla prvního nebo druhého nebo v případě výrazného poklesu tlaku na výtlaku čerpadel (poruchový stav). Čerpadla se střídají v provozu podle nastaveného režimu, aby docházelo k rovnoměrnému opotřebení. Souběh tří navržených čerpadel představuje poruchový stav ATS.

Návrh elektroinstalace místnosti s ATS.

Osvětlení

V místnosti navrhují umělé osvětlení o udržované intenzitě 200lx dle ČSN EN 12464-1. Intenzita osvětlení bude zajištěna zářivkami OSRAM 2100lm v počtu 4ks, která budou osazena ve 4 svítidlech OSRAM s elektronickým předřadníkem s krytím IP54, přisazených ke stropu. Světelný okruh bude napájen přes proudový chránič. Rozvod bude proveden kabelem CYKY-J-3x1,5mm². Ovládání osvětlení je provedeno jednopólovým nástěnným vypínačem v krytí IP55, umístěným u vstupních dveří do ATS ve výšce 1200mm od podlahy.

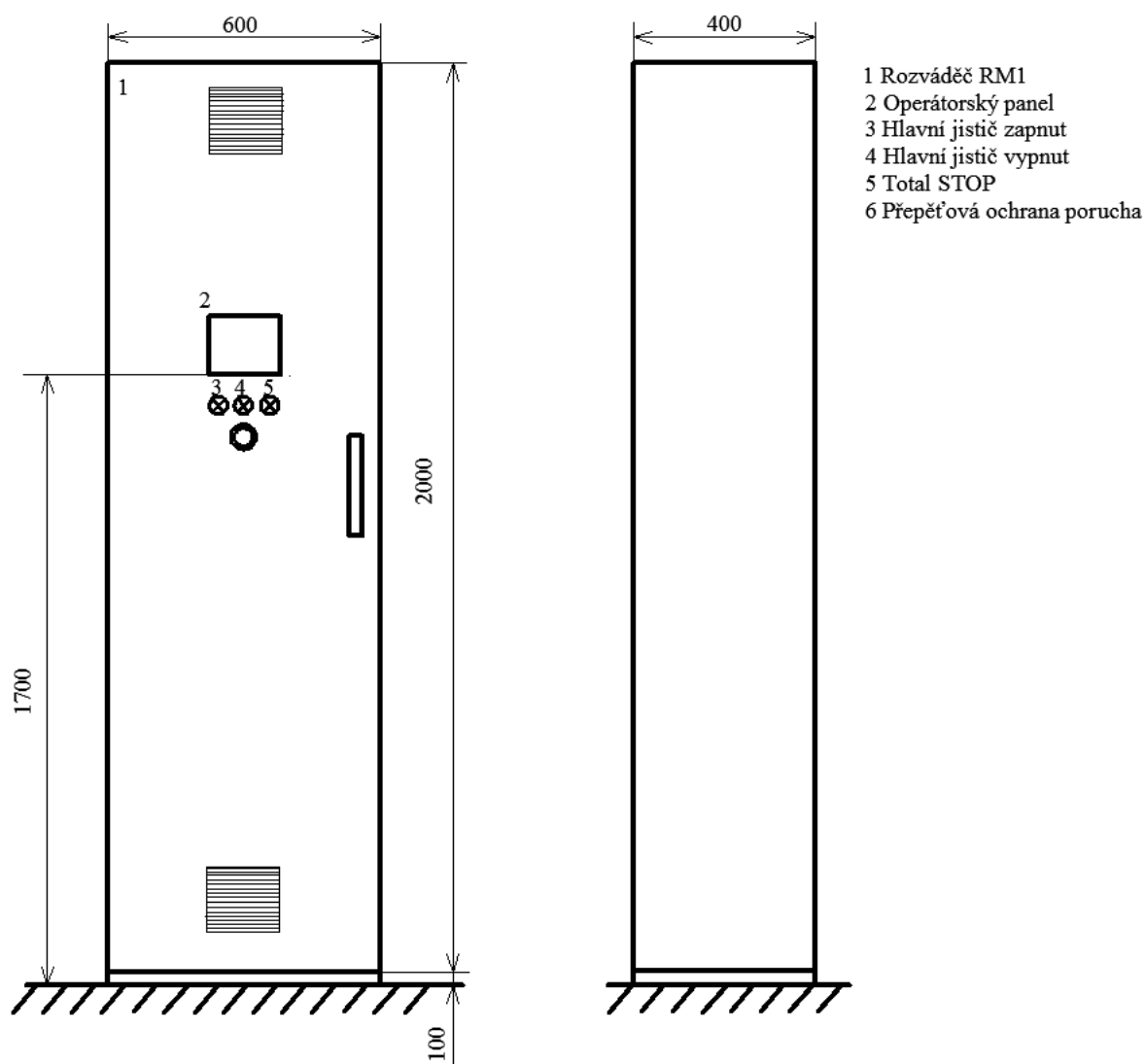
Zásuvkový okruh

Zásuvkový okruh bude tvořen nástěnnou jednopólovou zásuvkou 16A/230V napájenou přes proudový chránič, v krytí IP55, umístěnou ve výšce 1200mm od podlahy vedle vypínače osvětlení. Zásuvka bude napojena kabelem CYKY-J-3x2,5mm².

4.4 Rozvaděč RM1

V místnosti s ATS je umístěn oceloplechový skříňový rozvaděč RM1 ten slouží jako napájecí rozvaděč pro ATS. Přívod a vývody jsou vedeny shora, provedení krytí je IP55 po otevření IP20. Obsahuje jištěné vývody. Na vnější straně dveří rozvaděče je umístěn operátorský panel pro ruční ovládání a sledování provozních hodnot čerpadel, hodnoty tlaku na výtlaku čerpadel a dobu jejich provozování a poruchové stavy. Na dveřích rozvaděče bude dále umístěno hříbové tlačítko nouzového vypnutí, signálky zapnutého a vypnutého stavu přívodního jističe a vybavení přepět'ových ochran.

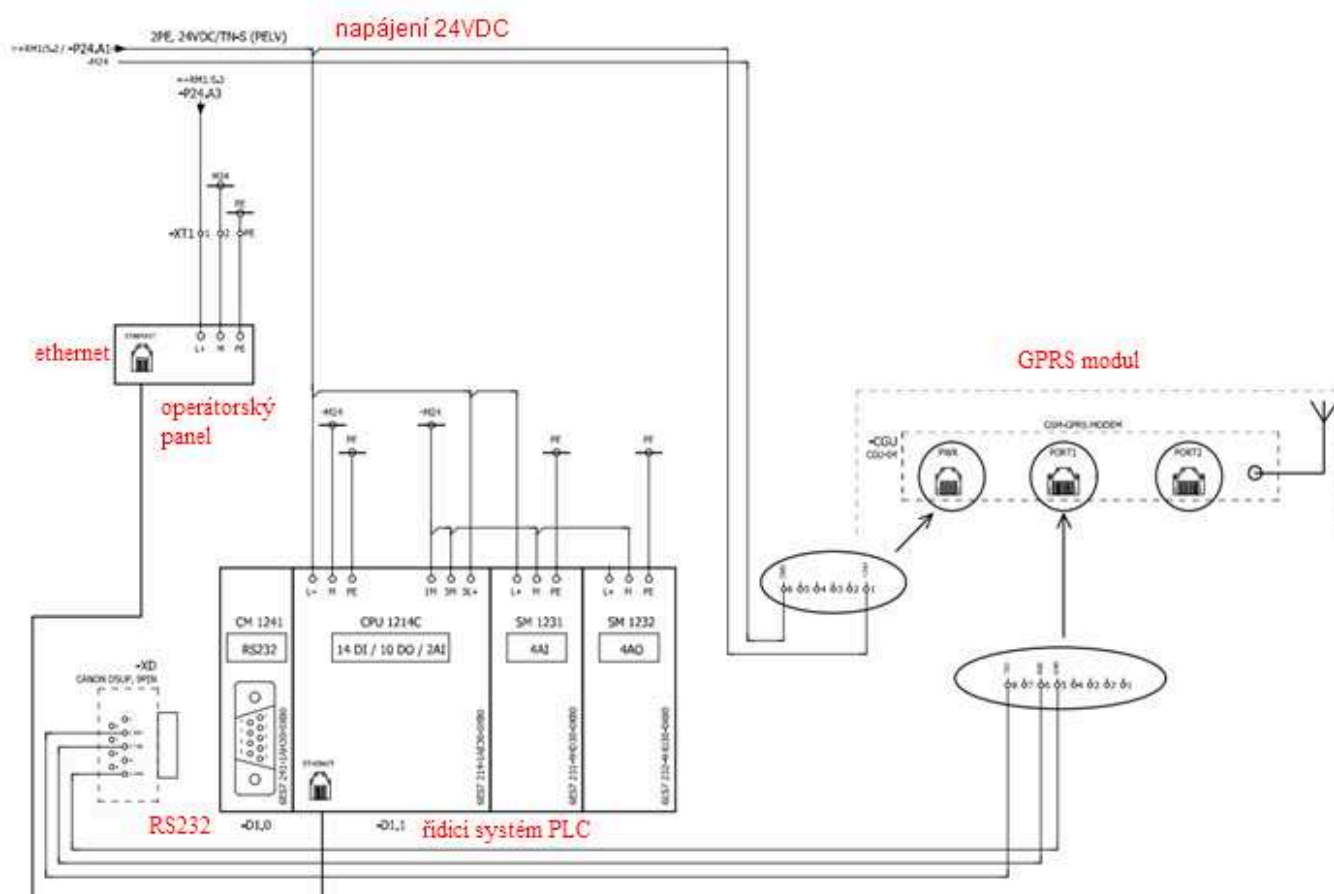
Dveře rozvaděče budou dále opatřeny v horní části větrací mřížkou s filtrem a v dolní části větrací mřížkou, filtrem a nasávacím ventilátorem. Nucené větrání vnitřního prostoru rozvaděče bylo navrženo z důvodu odvodu tepelných ztrát vznikajících provozem měničů kmitočtu. Ventilátor bude uveden automaticky do provozu pomocí prostorového teplotního relé při dosažení teploty v rozvaděči $+30^{\circ}\text{C}$.



Obr. č. 16 - Čelní a boční pohled na rozvaděč RM1

4.5 Řídicí systém

V rozvaděči je umístěn řídicí systém SIMATIC S7-1200 s procesorovou jednotkou CPU1214C, která obsahuje v základní verzi 14×DI, 10×DO a 2×AI V/V. Tato jednotka je doplněna o dva rozšiřující moduly SM1231 (4×AI) a SM1232 (4×AO). Sestava řídicího systému je dále doplněna o komunikační modul CM1241 s rozhraním RS232 pro komunikaci s modemem CGU-04. Procesorová jednotka CPU je komunikačně propojena pomocí ETHERNET rozhraní s ovládacím panelem. Řídicí systém je napájen ze zálohovaného on line UPS zdroje 230V/230VAC a stabilizovaného zdroje LOGO POWER 230V/24VDC, 5A.



Obr. č. 17 – Schéma zapojení řídicího systému v prostředí ePlan electric P8

4.6 Technologická zařízení

Měření tlaku

Za tlakovou stanicí na výtlačném potrubí je instalován snímač tlaku s oddělenou membránou s atestem pro pitnou vodu. Snímač tlaku je napájen po proudové smyčce s výstupním signálem 4-20mA, ten je napojen na analogový vstup PLC v rozváděči RM1. Měřená hodnota tlaku je k dispozici zobrazením na operátorském panelu.

Snímač teploty

Ochrana motoru proti přehřátí je zajištěna PTC odporem umístěným ve statorovém vinutí motoru. PTC odpor je zapojen na měnič kmitočtu.

Zařízení pro dálkový přenos

Dálkové monitorování provozních a poruchových stavů automatické tlakové stanice je zajištěno GPRS modemem instalovaným v rozváděči RM1, který bude předávat informace na dispečerské stanoviště. Signály přivedené na GPRS modem:

Digitální vstupy

1. Stav přepětové ochrany
2. Napětí v pořádku
3. Porucha 1. čerpadla
4. Chod 1. Čerpadla
5. Porucha 2. čerpadla
6. Chod 2. čerpadla
7. Porucha 3. čerpadla
8. Chod 3. čerpadla

Analogové vstupy

1. Skutečné otáčky čerpadla 1
2. Skutečné otáčky čerpadla 2
3. Skutečné otáčky čerpadla 3
4. Hodnota tlaku

Analogové výstupy

1. Žádané otáčky čerpadla 1
2. Žádané otáčky čerpadla 2
3. Žádané otáčky čerpadla 3

Digitální výstupy

1. Zapnout/vypnout 1. Čerpadlo
2. Zapnout/vypnout 2. Čerpadlo
3. Zapnout/vypnout 2. Čerpadlo

GPRS modem bude v pravidelných intervalech vysílat z ATS data protokolem RDS92 na komunikační master instalovaný na dispečinku vodárenské společnosti. Z něho budou předávány informace do vizualizačního software centrálního dispečinku provozovatele. Dálkově bude možné pouze uvést do chodu nebo zastavit čerpadla

4.7 Instalace

Nosný materiál kabelových tras

Nosný materiál kabelových tras umístěných ve vlhkém vnitřním prostředí musí být z plastu a s dostatečnou mechanickou pevností. Kabelové žlaby a rošty musí být provedeny ze stejných materiálů jako jsou nosné konstrukce.

Kabelová vedení

Kabelové rozvody budou provedené zejména kabely CYKY a NYCY uloženými v hlavních trasách v plastových žlabech po zdech. Z hlavních kabelových tras k jednotlivým zařízením budou kabely vedeny v elektroinstalačních žlabech. Kabely jsou ve všech trasách chráněny proti mechanickému poškození. K rozváděči RM1 budou provedeny sestupy kabelů od stropu dolů – ve žlabu nebo trubce. Pro uložení je nutno dodržet normy ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 a ČSN 736005.

Provedení elektroinstalací

Jsou realizovány nosnými, ochrannými a úložnými konstrukcemi z plastových materiálů a provedeny v souladu ČSN332000-5-51.

Uzemnění

Použije se stávající uzemňovací soustava bytového domu připojením k hlavní uzemňovací svorce. Rozváděč je připojen na uzemňovací soustavu hlavní uzemňovací svorku (HUS) zelenožlutým vodičem YY 10mm².

Ochranné pospojování

Pro vyrovnání potenciálu všech dostupných vodivých částí na úroveň shodnou s nulovým potenciálem země je provedeno v celé místnosti stanice:

hlavní pospojování:

- vodivé části přicházející do objektu zvenku např. potrubí, připojí se co nejblíže vstupu do objektu
- rozvody potrubí uvnitř objektu
- kovové konstrukční části objektu např. nosné části a jiné kovové hmoty např. klimatizace
- rozváděč - RM1

doplňující pospojování:

- všechny neživé části upevněných el. zařízení
- vodivé části neelektrických zařízení např. upevňující konstrukce
- hlavní kovové armatury železobetonu

Je provedeno doplňující místní pospojování, které zahrnuje vzájemné pospojování neživých částí upevněných elektrických zařízení, kovových konstrukcí k jejich upevnění a ostatních kovových konstrukcí v dosahu od elektrických zařízení

Hlavní i doplňující pospojování se svede a propojí na sběrnici PE, která bude napojena na zemní soustavu budovy.

Hlavní sběrnice PE bude typizovaná svorkovnice WERIT 1241 a bude osazena ve stanici poblíž rozváděče RM1. Je označena HOP.

Ochranné pospojování bude provedeno jednožilovými kabely CYY svorkami na potrubí.

4.8 Požadavky na ostatní profese

Stavební

Pro celkovou instalaci je potřeba provést stavební úpravy v budově a místnosti (oprava omítek, vymalování) ATS. Zajistit zhotovení vstupů pro kabelová vedení přes stavební konstrukce.

Technologická

Pro montáž tlakového čidla zajistit dodávku a instalaci návarku a tlakoměrného ventilu s vnitřním připojovacím závitem M20×1,5mm.

Strojní

Provést montáž čerpadel, armatur a potrubí.

4.9 Požadavky na přístroje, materiály a provedení montáží

Rozvaděč

Přístroje v rozvaděči musí být rozmístěny přehledně a označeny podle požadavků dokumentace. Popisné štítky musí být kvalitní, aby i po čase byli čitelné. Propojovací vodiče musí být vedeny a zakryty v plastových kabelových žlabech.

Upevnění tlakového čidla

Je nutné použít originální upevňovací konstrukce.

Zařízení umístěná v místnosti ATS

Kabelové žlaby musí být provedeny z plastových materiálů.

Kabelová trasa mimo místnost s ATS

Pro vedení kabelu do RM1 jsou použity nosné plastové materiály. Kabelové žlaby musí být provedeny ze stejných materiálů jako jsou nosné konstrukce.

Požadavky na kvalitativní provedení montáží

Montáž zařízení a všech jeho částí musí být provedeno mechanicky pevně, spolehlivě a umístěny tak, aby negativně neovlivňovalo ostatní zařízení. Průchody kabelových vedení stěnami a konstrukcemi musí být po instalaci utěsněny.

5. ZHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ ZÍSKANÝCH VE FIRMĚ

Ve společnosti PROSPECT spol. s r.o. jsem vykonával stáž po dobu čtvrtého ročníku bakalářského studia. Hlavní přínos pro mě, jako studenta studijního programu "Projektování elektrických zařízení" spočíval především v možnosti řešení zadané konkrétní problematiky "in situ". Naučil jsem se zde také aktivně používat software ePlan P8, AutoCAD, pracovat s projektovou dokumentací, navrhovat jednoduchou technickou dokumentaci, atd.

Při řešení své bakalářské práce jsem se seznámil s obsahem původní projektové dokumentace k řešené problematice ATS, s normami vyhláškami, s předpisy a se způsoby moderního projektování elektrických zařízení.

V průběhu řešení jednotlivých částí zadání bc práce jsem konzultoval s pracovníky společnosti PROSPECT spol. s r.o., především s mně přiděleným konzultantem - odborným specialistou v oboru projektování EZ panem ing. Petrem Sajem a seznámil se i se základy týmové práce na projektech. Při své dlouhodobé stáži jsem čerpal informace i od dalších odborníků ve společnosti. Ti mi poskytli doplňující vysvětlení při mých mnohých dotazech ohledně návrhu a řízení čerpadel a vysvětlili mi také ověřené postupy tvorby technické dokumentace. Tyto zkušenosti jsou pro mě a pro můj další odborný růst velmi důležité, jelikož jsem si mohl vyzkoušet projektování v praxi. Tuto praxi mi z podstaty věci nemohlo poskytnout teoretické studium na zvoleném oboru FEI, avšak oborová katedra - Katedra elektrotechniky mi z toho důvodu zajistila možnost souvislé odborné stáže u partnerské společnosti PROSPECT spol. s r.o. Stáž mi rozšířila získané obecné a teoretické poznatky v prezenčním studiu a měl jsem možnost poznat i každodenní fungování malého soukromého podniku.

6. ZÁVĚR

V této práci jsem se seznámil s účelem, stupni a s rozsahem reálné projektové dokumentace. Porovnal jsem provedení tlakových stanic a zdůvodnil, která je více vhodná pro provoz. Dále jsem vysvětlil princip návrhu hydraulické a elektrické části čerpadla, uvedl výpočet a určil jeho výkon a počet čerpadel v závislosti na průtoku a výtlačné výšce. Popsal jsem jednotlivé specifikace měniče kmitočtu, jeho řízení a jelikož tato zařízení vydávají ztrátové teplo, umístil jsem do rozváděče chladicí ventilátor, řízený termostatem. Navrhl jsem rozváděč a systém pro dálkové monitorování stavů stanice, který je připojen na PLC, jež řídí chod celé ATS.

Přístroje v rozváděči jsou napojeny na záložní zdroj, který umožní v případě výpadku napětí monitorovat a ovládat ATS. Pro vizualizaci stavů a hodnot jsem vybral vhodný operátorský panel, který bude požadované údaje a ovládání přehledně graficky zobrazovat. Uvedl jsem napěťové soustavy, ochranu před úrazem elektrickým proudem, ochranu před zkraty a přetížení motorů čerpadel. Ochranu před přepětím tvoří všechny tři stupně přepětiových ochran. Dále jsem dimenzoval silové kabely s ohledem na oteplení a úbytek napětí při proudovém zatížení. V příloze jsou tyto údaje zahrnuty v technické zprávě a výkresové dokumentaci, která byla realizována v software ePlan P8. Práce řešila problematiku z realizační praxe.

Seznam literatury

Literatura

- [1] Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb
- [2] HEŘMAN, J., TRINKEWITZ, Z. a kol.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace, Verlag Dashover nakladatelství, Praha 2007, ISBN 80-86897-06-0.
- [3] DVOŘÁČEK, K., CSIRIK, V.: Projektování elektrických zařízení, IN-EL, Praha, ISBN 80-86230-10-4.
- [4] VRÁNA, V., NEBORÁK, I.: Elektrické pohony - Sbírka řešených příkladů. 1. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1990. 206s. ISBN 80-7078-062-2,
- [5] ČERMÁK, T.: Elektrické pohony. 2. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1987. 301 s., str. 13-14.
- [6] NORMA ČSN EN 12464-1 – Osvětlení pracovních prostorů – Část: 1 vnitřní pracovní prostory
- [7] NORMA ČSN EN 33 2000-5-523 – Elektrotechnické předpisy, elektrická zařízení – dovolené proudy v elektrických obvodech
- [8] NORMA ČSN 332000-4-41 ed. 2, Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem.
- [9] NORMA ČSN 332000-5-54ed.2 -Výběr a stavba elektrických zařízení -Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování
- [10] NORMY ČSN 332000-5-51ed3, ČSN 332000-4-41ed2-Z1 - Stanovení vnějších vlivů
- [11] NORMA ČSN 341610 - Revize a kontroly elektrických spotřebičů během jejich používání – Stupeň dodávky elektrické energie.

Internetové zdroje

- [12] Návrh automatické tlakové stanice [online]. [cit 18. 2. 2012].
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5622-navrh-automaticke-tlakove-stanice>
- [13] Spotřeba pitné vody pořád klesá, byla i dvojnásobná [online]. [cit 30. 3. 2012].
Dostupné z: <http://www.ovak.cz/index.php?document=351&lang=1>
- [14] Čerpadla a čerpací technika [online]. [cit 26. 2. 2012].
Dostupné z: <http://www.disa.cz/cerpadla-sv>

Ústní sdělení

- [16] Odborní zaměstnanci společnosti PROSPECT spol. s r.o.

PŘÍLOHY

Příloha č. 1. - Technická zpráva

Příloha č. 2. - Technicko - obchodní specifikace

Příloha č. 3. - Rozvaděč RM1